

## НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ФИТОЦЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

© 2006 Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Настоящая статья представляет собой, фактически, систему рецензий на издания теоретического профиля по фитоценологии, вышедшие за последние 40 лет. Делается вывод о практическом завершении второго этапа развития фитоценологии – концептуально-теоретического.

Как уже отмечалось ранее [1, 2], в процессе познания окружающего мира любая научная дисциплина проходит три основных этапа своего развития: описательный (можно сказать – инвентаризационный), концептуально-теоретический (при котором происходит выдвижение всякого рода представлений о структуре и характере функционирования исследуемых систем) и этап математизации этих представлений (т.е. их формализация на наиболее точном и строгом на сегодняшний день языке математики). Фитоценология с этой точки зрения – не исключение: каждый фитоценолог желает знать, какие растительные сообщества его окружают, сколько их, как они устроены и функционируют, как они ограничены в пространстве, каковы пути конструирования искусственных растительных экосистем с заданными свойствами, как управлять их продуктивностью с максимальной выгодой и т.д. Из перечисленных трех этапов развития фитоценологии как научной дисциплины [3] можно считать, что первый – инвентаризационный – в основном завершен (правда, это слишком сильное утверждение, так как количество растительных сообществ огромно, и можно говорить лишь об относительной изученности), второй – концептуально-теоретический – находится в стадии расцвета, а вот третий – формально-теоретический – только переживает свое становление. Цель настоящей работы состоит в рассмотрении некоторых представлений второго этапа (на базе аксиоматического, физического, кибернетического и системного подходов [2]) как основы для осуществления тре-

тьего и построения собственно теоретической фитоценологии – биологической дисциплины, изучающей формализации закономерностей структуры и функционирования растительных сообществ.

### Теория по П. Юхачу-Наги

Теоретические построения венгерского геоботаника П. Юхача-Наги [4-6] у нас в стране пропагандировались, в основном, в работах Б.И. Семкина и В.И. Василевича (правда, они практически не комментировались и подчеркивался лишь сам факт построения аксиоматической теории, что следует из названия второй статьи [5]). Учитывая, что исследования Юхача-Наги являются пока единственным опытом введения аксиоматики в фитоценологию (или, по крайней мере, выглядят как такой опыт), обсудим их более подробно.

Фундаментом теоретического построения Юхача-Наги является метаметодологическая четверка <BR, BF, BH, BP>, где BR (basic reference) – основное отношение (включает всевозможные подмножества популяций растений, пространства и времени), BF (basic fact) – основной факт, состоящий в утверждении, что поведение популяций растений в природе не случайно, BH (basic hypothesis) – основная гипотеза, состоящая в том, что всевозможные комбинации популяций растений равновероятны (иными словами, популяции растений не зависят друг от друга, что, естественно, не верно и потому BH – ложна), BP (basic problem) – основная проблема, состоящая в исследовании, почему ложна BH. Иными словами, описывается традиционный путь

любого исследования: имеется эмпирический базис (BR), некоторое наблюдаемое явление (BF), выдвигается гипотеза о механизме этого явления (BH) и основной проблемой становится ее проверка (BP).

В первой части исследования [4] проведен критический анализ терминологии синботаники (под этим термином понимается наука о естественном поведении популяций растений, объединяющая элементы синэкологии растений и геоботаники, хотя критику Юхача-Наги этих последних понятий сегодня уже нельзя считать обоснованной). Широкий круг задач синботаники, наличие большого числа научных школ и стилей работы уже тогда сделали необходимым развитие теоретических представлений. Как указывает Юхач-Наги, число работ, в которых использованы термины “экологическая среда”, “экологический фактор”, находится где-то между  $10^2$  и  $10^3$  (включая публикации прикладной синботаники) и едва ли наберется дюжина работ, где дан достаточно корректный теоретический анализ этих понятий. Следует подчеркнуть, что и сегодня, почти через сорок лет, здесь не видно большого прогресса.

Основными путями развития теоретических исследований в синботанике Юхач-Наги считает необходимость трактовки синботанических проблем в рамках общебиологических задач, осмысление теоретических проблем синботаники внутри нее самой и создания мощной методологии, понимаемой именно в широком плане как метаметодологии, теории методов, а не как набор существующих сейчас методик обработки экспериментальных синботанических данных. При этом подчеркивается, что “концептуальная неуверенность синботаники” практически не изменилась к лучшему с введением и широким внедрением статистических методов обработки т.е. под “математической моделью” в синботанике все еще понимают “рабочую статистическую модель”, что явно недостаточно (заметим, что и сегодня, подобное понимание “модели” и “моделирования” в фитоценологии продолжает играть большую роль). На основе этих рассуждений Юхач-

Наги приходит к необходимости создания других, не статистических моделей, взяв в качестве прообраза аксиоматического построения математическую логику, теорию множеств и теорию вероятностей. Правда, в последнем случае он сам с собой вступает в противоречие – ведь выше был постулирован основной факт (BF) о не случайности поведения популяций растений в природе и потому для его исследования наука о случайности не выглядит адекватной.

Тем не менее, во второй части исследования [5] рассматриваются основные положения теории множеств, математической логики и теории вероятностей, которые используются для формализации теории растительных сообществ. Подчеркнем, что в этой части тоже отсутствуют собственно аксиомы синботаники; это, фактически, уже ставшая традиционной, попытка переноса представлений одной науки на другую. Повидимому, ничего страшного нет в том, что термин “описание” будет заменен на “множество”. Более того, подобное “введение” результатов теории множеств в синботанику может способствовать объективизации, например, конструирования показателей сходства (следует указать, что именно таким путем идет Б.И. Семкин [7]). Однако, вряд ли стоит ожидать, что подобный путь аксиоматизации без учета специфических особенностей синботаники, окажется плодотворным в самом широком смысле (ведь проблема оценки сходства не является сугубо экологической проблемой – скорее, это проблема именно теории множеств).

Наконец, в третьей статье серии [6] рассматривается общая формальная методология (general formal methodology, GFM). Один из путей построения GFM видится Юхачем-Наги в адаптации к синботанике идей, терминологии и результатов теории игр и теории решений – тогда любая исследовательская деятельность будет представлять собой оптимальную игру против природы со стратегией, обеспечивающей максимум информации и минимум риска ошибиться. Однако этот путь признается неосуществимым из-за высокой степени эмпиричности синботаники.

Поэтому предлагается другой путь. Метаметодологическая четверка в приложении к синботанике превращается в методологическую четверку <SR,SH, SF,SP>, где символ В (basic) заменяется на S (special). Здесь специальная проблема SP может рассматриваться и как экстенсивная (целью изучения являются сами сообщества и их связи со средой), и как интенсивная (в этом случае SP – гипотетические тест-объекты и целью исследования является вскрытие их механизма функционирования). Далее автор строго определяет такие понятия, как методологическая программа, семейство методологических программ, выделяет два типа методологических программ (конструктивный и аналитический). Целью конструктивных методологических программ является получение некоторых новых, неизвестных пока фактов, аналитических – анализ существующих природных феноменов.

Каждая методологическая программа (говоря проще, научное исследование) распадается на ряд процедур: справочная, праксиологическая, переводная, математическая и методологическая. Каждой процедуре ставится в соответствие свой объект (элементарная единица) и своя структура этих объектов. Так, в теории вероятностей математической единицей является элементарное событие, а структурой – пространство элементарных событий. Построение модели является примером переводной процедуры (фактически, природное явление “переводится” на язык математики в терминах соответствующих элементарных единиц и их структур). Кстати, переводная процедура не обязательно связана с математикой – возможен перевод явлений по аналогии (например, [8]). Праксиологическая составляющая исследования связана с планированием экспериментов и “добыванием” экспериментальной информации.

Все эти общие рассуждения Юхач-Наги иллюстрирует примерами из синботаники. Так, он считает, что теория синботаники задается теоремами (типа законов Гаузе), концепциями (например, “организмизмом” и “континуумолизмом”) и т.д. Метаметодологией по отношению к синботанике выступа-

ет теоретическая биология, праксиология соотносится с методами исследования растительности. В частности, анализ мозаичности методом П. Грейг-Смита [9] может рассматриваться как специальный случай основного факта (т.е. SF), гипотеза о пуассоновском характере распределения особей – специальная гипотеза (SH), взаимоотношения особей популяции задают структуру системы (SR) и сам математический метод проверки соответствия гипотезы задает специальную проблему (SP).

Представляют интерес и заключительные рассуждения Юхача-Наги о соотношении операциональности (operational) и операцивизма (operative) в определениях основных понятий и концепций синботаники. Понимание Юхачем-Наги “операциональности” достаточно традиционно – это определение понятий не в терминах свойств, а в терминах операций опыта (например, [10]). Так, определение “растительности” как совокупности фитоценозов и группировок растений – неоперационально, а вот определение “растительности” через видовой состав, его обилие и матрицу экологических связей видов переводит это понятие в ранг операциональных (в рамках такого определения можно измерить растительность любого района). Операциональность основных понятий синботаники у Юхача-Наги – это лишь благое пожелание; фактически, ни одно определение в синботанике не является операциональным, что связано как с объективной сложностью фитоценологических систем, так и с субъективной недоработанностью понятийного аппарата синботаники.

В качестве компромиссного решения в этой ситуации предлагаются упрощенные требования точности определения понятий, которые автор называет “операцивизмом”. В его основе лежат пять утверждений [6, с. 75]: (1) определение может быть полезным, даже если оно не операционально; (2) невозможно *a priori* решить вопрос о том, какое определение “хорошее”, а какое “плохое”; (3) ценность понятия зависит от его роли и места в рамках некоторой методологической программы (т.е. можно говорить об относитель-

ной ценности понятия); (4) определение операционно (вне зависимости от того, операционально оно или нет), если оно имеет собственное место и роль в методологической программе с оговоркой (5), что его формулировка не двусмысленна и не “анти-методологична”. Таким образом, операционизм отражает прагматическую точку зрения на четкое определение основных понятий синботаники.

Юхач-Наги иллюстрирует свой подход к уточнению понятий синботаники на примере определения “местообитания”. Однако еще более наглядно это можно проследить в аналогичных определениях Ю. Одума [11]. Местообитание организма – это место, где он живет, или место где его обычно можно найти (местообитание – среда жизни фитоценоза; [12]); ясно, что такое определение неоперационально, хотя сам термин “местообитание” широко используется не только в фитоценологии и экологии но и в других областях науки (при этом описание местообитания включает помимо абиотической среды и другие организмы; [11]). Другое, родственное понятие – “экологическая ниша” – также достаточно расплывчато и трудно выражается количественно (на это указывает и сам Одум [11, т. 2, с. 20]), кроме многомерной или гиперпространственной ниши Дж. Хатчинсона, которая и выступает в качестве операционного определения. Характер конкретного исследования (собственно, методологическая программа) задает размерность гиперпространства и позволяет оперировать многомерной нишей математически (перекрывание экологических ниш, “плотная упаковка” и пр.). Таким образом, концепция много-мерной ниши “...оказывается наиболее полезной для количественных оценок различий между видами... по одному или немногим основным (т.е. операционально значимым) признакам” [11, т. 2, с. 119].

Давая оценку теоретическим исследованиям П. Юхача-Наги можно констатировать, что данная серия работ лишь в самой малой степени соответствует аксиоматическому подходу к построению теории в фитоценологии. Скорее, это философское (методоло-

гическое) осмысление основных проблем фитоценологии с пожеланием придать больше точности понятийному аппарату либо через привлечение строгих математических дисциплин (теория вероятностей, теория множеств), либо через операциональность определений с явно выраженной прагматической направленностью.

### Теория по Х.Г. Ван Лиувену

Пример “кибернетического” подхода к созданию фитоценологической теории дает статья Х.Г. Ван Лиувена [13] из Института по исследованию проблем охраны природы в Зейсте (Нидерланды). Автор предпринял попытку интерпретировать в геоботанических терминах структуры и динамики растительности “теорию отношений”, взяв за основу три фундаментальных отношения: равенства, неравенства и связи. Он вводит следующие сокращения-обозначения:

$$a(s), \hat{a}(s), a(t), \hat{a}(t).$$

Здесь  $s$  и  $t$  – характеристики пространства и времени,  $\hat{a}$  и  $a$  – обозначают, соответственно, отсутствие и наличие разнообразия. Неравенство в пространстве задает структуру сообщества, а неравенство во времени – динамику. Тогда, первое отношение равенства записывается:

$$a(s) = \hat{a}(s), \quad a(t) = \hat{a}(t);$$

второе отношение неравенства представляет собой запись ортогональной независимости:

$$a \oplus \hat{a},$$

где знак  $\oplus$  указывает на необходимость “поворота на 90°” для достижения равенства; наконец третье отношение задается связями в следующем виде:

$$\hat{a}(s) \Leftrightarrow a(t); \quad (1)$$

$$a(s) \Leftrightarrow \hat{a}(t). \quad (2)$$

Здесь  $\Leftrightarrow$  задают связи временной и пространственной структур; при этом различаются связи согласования (connection; тогда отношение открыто) и разделения (separation; отношение закрыто). Из этих соотношений Ван Лиувен “выстраивает” и интерпретирует различные ситуации, возникающие не

только при описании растительности, но и в экологии и даже в охране природы. Так [13, с. 33],

малое число видов в сообществе  $\Leftrightarrow$  “рискованные” условия среды  
 [например, сообщества *Salicornia* - (1)],  
 богатство видов в сообществе  $\Leftrightarrow$  стабильность  
 [например, коралловые рифы - (2)],  
 постоянство  $\Leftrightarrow$  отталкивание  
 [монотонное “пение” самцов саранчи отталкивает конкурентов - (2)],  
 притяжение  $\Leftrightarrow$  разнообразие  
 [напротив, “песни ухаживания” самцов саранчи разнообразны,  
 что привлекает самок - (1)],  
 защита природы  $\Leftrightarrow$  консервация природы - (2).

Основной вывод из этого состоит в том, что “...постоянство в пространстве и во времени, как и изменчивость, взаимосвязаны и не могут трактоваться друг без друга” [13, с. 34], что подтверждает закон необходимого разнообразия У.Р. Эшби – “разнообразие можно уничтожить только разнообразием”. В этом контексте особую важность приобретает формула (2), выражающая связь между разнообразием по пространству и стабильностью во времени.

Автор подчеркивает и возникающий при этом, как он называет, “основной парадокс”, который хорошо иллюстрируется следующим примером: высокая степень вертикальной дифференциации (например, в почвенном профиле или ярусность в лесу –  $a(s)$ ) могут “сосуществовать” с высокой степенью пространственной однородности почв и сообществ (ситуация  $\hat{a}(s)$ ). В известной степени, этот “парадокс” хорошо укладывается в схему первого отношения равенства (см. выше), что лишает его ореола парадоксальности.

Следующий раздел работы Ван Лиувена назван “Концентрация и дисперсия в пространстве и времени”. Здесь “концентрация” и “дисперсия” рассматриваются как два антагонистических процесса, полностью описывающих все наблюдаемые в природе явления. В этих терминах автор делает попытку описать соотношение устойчивости и мозаичности сообществ. Например, присутствие

в природе (“концентрация”) только одного вида на большой площади не устойчиво во времени (по словам автора – “довольно невероятная ситуация”). С другой стороны, высокое разнообразие сообщества (“дисперсия”) регулируется во времени (например, сезонная флористическая изменчивость), что создает картину большей устойчивости сообщества в целом.

С этих же позиций решается и вопрос о границах между сообществами, бывший весьма актуальным в фитоценологии конца 60-х годов. Автор различает границы сходящиеся (convergent – родственные к пространственной “концентрации”) и расходящиеся (divergent – к “дисперсии”). Первому типу границ (“все или ничего”) ставятся в соответствие зоны экотонов, второму (“более или менее”) – эоклинов в понимании Э. ван дер Маареля и В. Вестгофа [14]. Примером границ первого типа являются сообщества класса *Plantaginetea maioris* Tx. et Prsg. 1950. Сообщества этого класса по условиям среды кажутся весьма различными, однако общим для них является режим нарушений, который и создает существенную дискретность границ сообществ. Второй тип границ описывается другим набором видов (например, *Botrychium lunaria*, *Silene nutans*, *Dianthus superbus*, *D. armeria*, *Hypericum pulchrum*, *Pinguicula vulgaris*, *Genista tinctoria*, *Lathyrus montanus*, *L. nissolia*, *Trifolium medium*, *Agrimonia eupatoria*, *Polygonatum odoratum*, *Carex dioica*, *C. pulicaris*, *C. hosteana* и др.; [13, с. 38], который представляется внутренне стабильным на протяжении десятков лет.

Проведенный Ван Лиувеном анализ позволил сформулировать закон необходимой неустойчивости [13, р. 40-41]: каждый вид растений обладает собственной траекторией и степенью неустойчивости, эффективно регулирующей процессы прорастания, развития и функционирования. Фактически, на “кибернетическом языке” Ван Лиувиен изложил индивидуалистическую гипотезу Л.Г. Раменского и основные варианты представлений о диагностических видах, используемых в системе Браун-Бланке (см., например, [15, с. 144] и [16, с. 112]).

Резюмируя это теоретическое исследование можно констатировать, что “сухой осадок” от него не очень велик (“охрана природы и пространственная дифференциация идут рука об руку”, [13, с. 46]), что и следовало ожидать при простом переносе терминологии одной области знания (в данном случае, кибернетики) на другую (фитоценологию). В контексте статьи Ван Лиувена “теория отношений” оборачивается интерпретацией фитоценологических и экологических феноменов на языке отношений равенства, неравенства и связи. И здесь следует согласиться с достаточно жесткой оценкой этой работы, данной В.И. Василевичем [17, с. 8]: “Введение таких сложных, но не определенных строго понятий оставляет возможность их самого разного понимания, а в результате остается лишь жонглирование словами... Да и сам набор понятий, очевидно, плохо отражает существенные, с точки зрения выводимых отношений, свойства растительных группировок”.

### Теория по В.И. Василевичу

В.И. Василевич [17, с. 3] определяет теоретическую фитоценологию “...как раздел фитоценологии, который изучает основные признаки и закономерности строения и организации фитоценологических систем. Теоретическая фитоценология рассматривает свои объекты как однородный класс. Ее задачи состоят прежде всего в том, чтобы найти, чем отличаются фитоценологические объекты от других классов объектов”. Такая постановка вопроса предполагает выбор системного подхода в качестве методологического фундамента при создании теории строения и функционирования растительных сообществ. И автор последовательно проводит этот подход, посвящая отдельные главы книги рассмотрению таких системных параметров, как целостность, организованность, стабильность фитоценологических систем.

Понятие “системы” в системологии сложилось еще не до конца и многие авторы в его трактовке вводят в определение свои критерии (см., например, обзор А.И. Умова [18]). Аналогично поступает и Ва-

силевич, давая следующее определение системы [17, с. 20]: система – это такая совокупность элементов, которая связана внутри себя отношениями, окружающими существенные свойства элементов, гораздо более сильными между элементами данной системы, чем отношения с элементами, не входящими в нее, или с другими системами. В этом определении “системы” основной упор сделан на тесноту отношений (связей) между элементами внутри системы, что по мнению Василевича должно помочь в решении вопроса о границах системы. Хотя автор и не дает четких указаний на то, какие из отношений считать более сильными, можно допустить, что для дискретных систем (или систем, в которых дискретная составляющая превалирует над непрерывной) на основе этого определения можно проводить границы. Однако это определение не является полным и в класс однотипных систем могут попасть значительно различающиеся объекты. Приведем простой пример, заимствованный из работы Ю.А. Урманцева [19, с.60].

Пусть элементами интересующей нас системы будут атомы углерода С и водорода Н, отношением, связывающих их, будет отношение химического сродства (это отношение отражает сущностные свойства химических элементов и не является надуманным). На этой основе можно построить систему углеводородов, которая включит подсистемы предельных (метан, этан, пропан, бутан и т.д.) и непредельных углеводородов (метил, этил, пропилен, бутилен и т.д.). Теснота связей между химическими элементами внутри этой системы будет отличаться от связей между, например, углеродом и кислородом ( $\text{CH}_2$  и  $\text{CO}_2$ ) или серой и кислородом ( $\text{CH}_2$  и  $\text{SO}_2$ ). Однако выделенная только по этим критериям группа углеводородов оказывается состоящей из двух самостоятельных систем с различными свойствами. Для их идентификации совершенно необходимо задать еще один критерий, который Урманцев назвал “законом композиции”. Если указать один из законов ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  или  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ), то систему предельных или непредельных углеводородов можно выделить однозначно.

Аналогичный пример можно найти и в геоботанических работах. Так, рассматривая классификацию степной растительности Урало-Илекского междуречья [20, с. 11], построенную на доминантной основе, не трудно увидеть, что сообщества со сходным флористическим составом (*Poa stepposa*, *Helictotrichon desertorum*, *Stipa zaleskii*, *Phleum phleoides*, *Anemone sylvestris* и пр.) и, по-видимому, с достаточно сходным взаимодействием видов отнесены не только к разным ассоциациям, но и к разным формациям (овсецево-степномятликовая и степномятликово-залесскоковыльковая) по доминированию в сообществе одного или другого вида. В данном случае “доминирование” и выступает в качестве закона композиции, что позволяет авторам выделить и отграничить различные системы растительных сообществ. Выбор другого закона композиции (например, флористических критериев в духе школы Браун-Бланке) даст возможность объединить те же объекты в другую систему. Таким образом, знание законов композиции при определении системы играет очень важную роль, особенно для построения теории данного класса систем. Кстати, формализация законов композиции должна способствовать приданию строгости и корректности при определении “более сильных” отношений между элементами системы по сравнению с другими элементами или системами.

С позиций системного подхода Василевич анализирует такие характеристики фитоценологических объектов как целостность, организованность, стабильность. Тривиальность большей части выводов этих глав (невысокий уровень целостности растительных сообществ, организующая роль факторов среды, стохастическая детерминированность процессов в фитоценозах), оправдана подробной вербальной интерпретацией на геоботаническом языке различных признаков этих системных параметров; аналогичный анализ был проведен Б.М. Миркиным и Г.С. Розенбергом [21] для тех же целостных системных характеристик на фоне эволюционного развития фитоценологических систем. Думается, что подобный анализ приносит определен-

ную пользу (хотя бы для уточнения области применения системного подхода в фитоценологии). Однако трудно согласиться с Василевичем в ряде конкретных его трактовок тех или иных аспектов проявления системных параметров в растительных сообществах.

Прежде всего это касается вопросов организованности фитоценологических систем. Предлагается следующий критерий оценки функциональной организованности: отношения между особями разных видов тем более упорядочены (организованы), чем определеннее исход этих отношений и на его основе делается вывод о том, что “...хорошая организация приводит к формированию одновидовых или мало видовых сообществ” [17, с. 131]. Не совсем ясно, почему же организация тем лучше, чем она проще? Только потому, что она нам более понятна? Но как тогда быть с хорошо организованным производством, например, огромного комплекса ВАЗа по сравнению с отдельными кустарными мастерскими? Определенность исхода взаимоотношений между видами, по-видимому, может служить оценкой одного из проявлений устойчивости фитоценологических объектов, но не их организованности (кстати, Василевич на следующей строке после приведенной цитаты говорит именно об устойчивости многовидового сообщества при плохой организации межвидовых отношений).

Наиболее полный анализ организованности фитоценозов, проведенный Т.А. Работновым [22, с. 109-195] по признакам раздела пространства экологических ниш, типов эколого-ценологических стратегий, пространственной и вертикальной дифференциации, временной изменчивости компонентов растительных сообществ, как раз наоборот позволяет прийти к выводу о том, что “...благодаря длительности периода отбора видов создались фитоценозы с достаточно устойчивой организацией, что проявляется в образовании в сходных условиях на больших площадях фитоценозов, имеющих сходный состав и структуру и способных восстанавливаться после нарушения” [22, с. 109]. Работнов в качестве одного из признаков организованности называет замкнутость; по этому

признаку, например, организованность многовидовой травосмеси (костер + овсяница + люцерна) против чистого посева каждого вида должна оцениваться очень высоко – средняя засоренность травосмеси за четыре года около 3%, а чистых посевов, соответственно, 10, 16, и 7% [23], что достигается за счет дифференциации пространства экологических ниш и на этой основе более эффективного использования ресурсов среды. Поэтому нельзя считать монодоминирование результатом общей стратегии фитоценоотических систем на отбор наиболее сильного вида за счет исключения более слабого и стабилизации эдафотопы. Принятие этой гипотезы автоматически должно повлечь и принятие концепции дискретности растительности покрова, так как малое число эдификаторов (сильных – бореальные леса, слабых – сообщества тундры), способных нивелировать различия среды и подбирать соответствующих спутников-эдификаторофилов, при известной стабильности климатопы и дает картину превалирования дискретности над непрерывностью растительного покрова. Совсем другая ситуация наблюдается при наличии большего числа эдификаторов (сильных – тропические леса, слабых – луговые сообщества), когда происходит “сближение” экологических ниш видов, что приводит к континуальным изменениям растительного покрова. Более сложное поведение последних сообществ при изменениях экотопа и в ходе многолетних флуктуаций не позволяет судить о них как о менее организованных по сравнению с мало видовыми фитоценоотическими системами.

Еще одно возражение вызывает утверждение Василевича о том, “...что самоорганизующиеся системы не имеют ничего общего с принципами организации фитоценоотических и вообще экологических систем” [17, с. 124]. Л.А. Растрин и В.А. Марков [24, с. 198] указывают, что самоорганизация может происходить только случайно в виде некоторых флуктуаций данной системы за счет дезорганизации других взаимодействующих с ней систем (в соответствии со вторым началом термодинамики). При этом необходимо

выполнение трех условий, позволяющих говорить о самоорганизации системы: (1) наличие исходной организации, (2) механизмов случайных мутаций этой организации и (3) механизмов отбора, благодаря которым мутации оцениваются и закрепляются. Нет сомнений в том, что фитоценоотические объекты “живут” в соответствии с законами термодинамики и находятся под воздействием большего числа случайных факторов. Отсюда следует, что имеется “среда” для самоорганизации растительных сообществ. Нетрудно убедиться и в выполнении трех основных условий самоорганизации по Растрину-Маркову. Любой фактор в случайный момент времени может вызвать мутацию “текущего” фитоценоза (например, элиминировать или добавить некоторый вид), что приведет к возникновению иного растительного сообщества. В ходе эволюции фитоценоотических систем по Р. Уиттекеру [15, с. 324] происходит увеличение видового разнообразия (добавление видов, отличающихся от других по нише и местобитанию), адаптация к окружающей среде структуры и функции сообщества, развитие и формирование разных уровней устойчивости сообщества, наблюдается “сеткообразный” характер эволюции, в ходе которой виды различным образом комбинируются и рекомбинируются в сообществе, и развитие специфического типа организации для поддержания или гармоничных изменений сообщества в процессе роста. Отсюда следует, что фитоценоотические системы являются самоорганизующимися и к ним можно применять соответствующий аппарат анализа.

В.И. Василевич [17, с. 124] обсуждает критерий степени организованности (“диссонанс системы”, предложенный В.А. Лефевром [25]), и отмечает трудности его объективного определения ввиду невозможности задания “эталонной организации”. Этот же показатель использовался нами для сравнения эффективности различных методов автоматической классификации растительности [21, 26]. При этом в качестве “эталонной классификации” задавалась случайная (т.е. классификация объектов, полученная с помощью датчика



случайных чисел), что принималось в качестве эталона полного отсутствия организации. Тогда любая классификация была тем “эффективнее”, чем “дальше” (в смысле введенной меры диссонанса) она отстояла от эталона (иными словами, тем большая степень организованности достигалась в результате данной классификации растительных сообществ). Этот пример свидетельствует о работоспособности идеи самоорганизации, не говоря уже об использовании многочисленных методов самоорганизующегося моделирования в геоботанических исследованиях [27].

Итак, подведем итог. В первой в мировой геоботанической литературе монографии по теоретической фитоценологии, которой и является работа В.И. Василевича, предпринята ревизия понятийного аппарата и некоторых принципов современной фитоценологии. Сам факт заявки “на теорию” должен оцениваться положительно – в соответствии с крылатым высказыванием М. Фарадея “Нет ничего практичнее хорошей теории!”. Однако качество понятийно- и концептуально-теоретических основ работы Василевича оставляет чувство неудовлетворения. Сосредоточив все свое внимание на языке науки, автор не только не рассматривает собственно законы данной науки (не говоря уж об их формализациях), но и многие важные свойства фитоценозов и фитоценологические явления. К ним могут быть отнесены теоретические вопросы ценопопуляционного анализа, ординации и классификации растительности, геоботанического районирования и другие. Естественно, что одному исследователю “поднять” все эти проблемы не по силам; однако, в первой монографии по теории фитоценологии хотелось бы видеть бульшую логическую завершенность именно методологических основ построения теории и иметь указания о направлениях дальнейших исследований. Здесь уместно вспомнить слова еще одного из крупнейших физиков XX столетия М. Борна [28, с. 365]: “...ценность теории тем выше, наше доверие к ней тем больше, чем меньше в ней свободы выборы, чем больше ее логическая принудительность”.

### Теория по Б.М. Миркину

В предисловии к своей работе Б.М. Миркин [16, с. 3] так формулирует цель фитоценологического теоретического исследования: “...раскрыть особенности научного видения закономерностей растительности в свете концепции континуума”. Именно поэтому содержанию монографии более соответствовало бы ее первоначальное название “Парадигма современной фитоценологии”<sup>1</sup>.

Под парадигмой, в соответствии с Т. Куном [29], Миркин понимает признаваемые всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают научному обществу модель постановки проблем и их решений. В монографии подробно рассмотрен процесс смены парадигм в фитоценологии (смена представлений организмизма на континуум) при анализе структуры, динамики растительности, связи растительности и среды, классификации растительности. В какой-то степени при этом можно проследить и смену познавательных установок – эвристика [30, 31], выступающих в качестве элементов парадигм. Отметим, что дискуссия по проблеме континуума была продолжена и позднее [32-36] при обсуждении дилеммы “холизм-редукционизм”.

Особый интерес для целей построения теории в фитоценологии представляет подробное обсуждение Миркиным содержания основного объекта фитоценологии – фитоценоза. Критикуя как ценофункциональное (организмистское) определение Б.Н. Норина [37], так и клинальное (континуалистическое) понимание фитоценоза В.И. Василевича [17], автор приходит к прагматическому определению: фитоценоз – это “...однородный контур, часть континуума, где дифференцированные по нишам ценопопуляции связаны условиями среды и взаимоотношениями, причем роль взаимоотношений (включая и эдификаторные эффекты) будет существенно варьировать от одного типа растительности к другому” [16, с. 50].

Попытка дать прагматическое определение “фитоценоза” есть не что иное, как по-

<sup>1</sup> Автор выступил в качестве редактора этой монографии и потому в курсе различных вариантов ее названия.

пытка построения операционального определения [6]. Однако она не завершена, так как в определении отсутствует указание на способ сведения к дискретности любой непрерывности в растительности (кроме обязательного несходства местообитаний расположенных рядом сообществ). И это приводит к достаточно широкой вариации результатов определения границ фитоценоза, которую подчеркивает и сам автор [16, с. 51]: "...десять независимо работавших исследователей... могут выполнить разбиение массива растительности на фитоценозы и совершенно идентично, и существенно разойтись и в числе установленных первичных единиц, и в их границах".

Б.М. Миркин указывает на один из возможных вариантов выхода из этой ситуации – проводить редукцию континуума с использованием строгих количественных методов, но при этом масштаб разбиения будет все равно задан субъективно. В этом случае можно говорить о необходимости введения операционизма по Юхачу-Наги [6], т.е. в рамках конкретной исследовательской методологической программы можно попытаться свести субъективизм задания масштаба разбиения континуума к дедуктивной оптимизационной модели: только в этом случае "...такой "количественный субъективизм" и обеспечит совпадение результатов у разных исследователей, работающих по одной методике" [16, с. 52].

Здесь необходимо подчеркнуть следующее обстоятельство. До сих пор "объективизация" геоботанических исследований путем использования количественных методов ведется, в основном, именно операционным (измерительным) путем. Так, в частности, характеристика структуры фитоценоза осуществляется с использованием различных индексов разнообразия [11, 12], среди которых наиболее известен энтропийный индекс Шеннона-Уивера. Многочисленные "информационные аналогии" в геоботанике основаны именно на "измерении" информации в соответствии с принципом операционности. При этом забывается, что собственно теория информации не имеет ни какого отношения к измерению информации – фигурирующие

в ней энтропийные выражения возникают во многих асимптотических соотношениях комбинаторики и потому встречаются в различных областях науки, ее использующих [38, 39]. Таким образом, применение индексов разнообразия для "объективизации" границ фитоценозов на самом деле и будет выступать по Миркину как "количественный субъективизм". Только построение дедуктивных оптимизационных моделей в рамках системологии способно действительно объективизировать процесс установления границ растительных сообществ.

"Наведение порядка" в концептуальных основах изучения горизонтальной структуры растительных сообществ – это еще одна "сильная сторона" исследования Миркина [16], которая имеет прямой выход на теоретическую фитоценологию. Проведен анализ критериев различения интра- и интерценоотических мозаик, из которых для практического использования рекомендованы два: каузальные (причины формирования неоднородности внутренние или внешние) и динамические (обратимость или необратимость динамики мозаик), рассмотрены основные типы мозаик, соотношение непрерывности и дискретности в них, масштаб различий микрогруппировок и пр.

На рубеже веков Б.М. Миркин и Л.Г. Наумова [3] подвели, своего рода, итог активной работы башкирских геоботаников по синтезу нового междисциплинарного научного комплекса (МДК), который они назвали "наукой о растительности"<sup>2</sup> (НОР). В предисловии к своей работе [3, с. 10] они так формулируют цель исследования: "...дать обзор истории и современного состояния основных концепций НОР", при этом постулируется, что "...науки НОР исследуют закономерности отношений растений друг с другом и условиями среды в пространстве и во времени на уровнях от индивидуума и популяции до растительности крупных фитоценозов" (с. 8). Фактически, с "точностью до запятой" и акцентом на "растительную составляющую", – это определение экологии (например, "...эко-

<sup>2</sup> Заметим, что одним из первых, кто использовал такое понятие, в 1935 г. был А. Тэнсли [56, с. 126].

логия – это наука о взаимоотношениях живых существ между собой и с окружающей их неорганической природой, о связях в надорганизменных системах, о структуре и функционировании этих систем...” [57, с. 3] или “...экологию можно определить как систему научных дисциплин, изучающих жизнь на надорганизменном уровне организации... Экология имеет дело в основном с той стороной взаимодействия организмов со средой, которая обуславливает развитие, размножение и выживание особей, структуру и динамику популяций (видового населения) и сообществ и их роль в протекающих в биоценозах процессах...” [58, с. 3-4]. И здесь авторы явно нарушают ими же используемый в дальнейшем [3, с. 25] принцип “бритвы Оккама”<sup>3</sup>, так как “наука о растительности” оказывается тождественной “экологии растительности и растений”.

Излагаемая в книге структура НОР весьма дискуссионна, как, впрочем, и любая попытка структурирования (классификации) науки. Эта задача особенно трудновыполнима в период “лавинообразного увеличения объема знаний”, когда отчетливо влияние двух наукоформирующих тенденций – дифференциации и интеграции. Родить (выявить), взрастить (определить теоретические основы) и воспитать (оказать влияние) на “супер науку” могут только “генералы” (по остроумной классификации авторов [3, с. 7]). “Генералитету” науки ничто человеческое не чуждо (кстати, “генералы” не обязательно выигрывают все сражения), однако они не как все, потому что говорят и пишут больше и лучше о том, что больше и лучше знают. И еще, “генерал” от “не генерала” отличается тем, что он знает стратегию и это дает возможность всей армии двигаться в заданном направлении успеха.

<sup>3</sup> Принцип “бритвы Оккама”, известный в науке так же, как принцип бережливости, принцип простоты или принцип лаконичности мышления, был сформулирован в XIV веке английским философом Уильямом Оккамом в следующем виде: *frustra fit plura, quod fieri potest pauciora* – не следует делать посредством большего то, что можно достичь посредством меньшего.

Обсуждение содержания основного объекта фитоценологии – фитоценоза практически полностью повторяет более ранние представления Б.М. Миркина [16] со всей следующей за этим критикой (см. выше). А вот к числу удачных, несомненно, следует отнести и разделы, касающиеся концепции экологических ниш растений, форм организации фитоценозов, классификации, синдинамики. В этих разделах можно найти много полезных (для построения фитоценологической теории) понятий и закономерностей. Все они хорошо аргументированы и могут стать основой для математической формализации в рамках оптимизационных моделей.

### Теория по Б.Н. Норину

Три статьи Б.Н. Норина [40-42] можно рассматривать как работу монографического характера – и по объему, и по важности затрагиваемых в них вопросов. Правда, автор честно очерчивает границы своих теоретических построений: “...я не могу обсуждать весь круг теоретических вопросов, а затрону лишь те, которые, на мой взгляд, составляют основу фитоценологии” [40, с. 1162]. В рамках содержательного подхода к синтезу теории [2] эти “основы фитоценологии” ограничиваются рассмотрением системы фундаментальных понятий для выбора идеализированного объекта теоретической фитоценологии. И еще одно общее замечание, прежде чем перейти к более детальному рассмотрению “теории по Норину”. Эта серия статей, все-таки, напоминает очень развернутую рецензию на монографии В.И. Василевича [17] и Б.М. Миркина [16], в которой Норин сознательно выступает с позиций организмизма, даже не пытаясь конструктивно обсуждать концепцию континуума. Думается, что эта “внутренняя несгибаемость” автора скорее вредит его общетеоретическим построениям.

Первая проблема, затрагиваемая Нориним, – роль системного подхода в создании теории фитоценологии. Определение “системы” достаточно традиционно – это элементы и системообразующие связи и отношения между ними. Правда, Норин [40, с. 1163] указывает, что “...элементы могут вступать в

самые разные отношения с другими объектами, образуя в зависимости от этого разные системы”; иными словами, он говорит о “законках композиции”, как составной части определения “системы” (см. выше раздел 3). К сожалению, дальше данной констатации автор не идет и весь “системный подход” сводится им к выяснению примата внутренних для системы связей над внешними. И здесь следует согласиться с Миркиным [35, с. 5-6] в том, что “...разница подходов Василевича и Норина (к определению “системы” для фитоценологии; Г.Р.) совершенно очевидна: в первом случае системный подход адаптирован к континуальному явлению, каковым является растительность, во втором – эта специфика проигнорирована и растительность сведена к системе дискретных фитоценозов”. Думается, что системный подход был бы более продуктивен в фитоценологии, а не “...внес лишь новую терминологию и дискуссии” [35, с. 5], если бы основное внимание уделялось именно новым (эмерджентным, сложным, неаддитивным) свойствам экосистем (фитоценозов), отличающим их от объектов простой природы.

Через всю серию статей Норина просматривается желание описать многообразие и обосновать выбор основных объектов изучения фитоценологии и геоботаники. Желание, но не результат. Попробуем представить все определения Норина в некотором “формальном виде” (табл. 1), как это, например, было сделано при сравнении понятий “сообщество”, “экосистема” и “биогеоценоз” [43, 44]. Прежде всего отметим, что Первая и Вторая аксиомы Норина – это не что иное, как просто определение “системы” (см. выше раздел 3). По-видимому, в данном контексте, “определение” и “аксиома” могут быть синонимами, но по отношению к науке “более высокого иерархического уровня” – системологии. Для фитоценологии и экологии в качестве аксиом хотелось бы видеть более специфические предложения, которые являются заведомо истинными или в рамках теоретической фитоценологии считаются таковыми.

Анализ табл. 1 позволяет выделить три группы понятий, относящихся к разным

объектам. Первая – это группа аутоэкологических понятий (с “акцентом” на отдельное растение – фитогенное поле, ценом, эдификатор), вторая – условно “демэкологических” понятий (в центре популяция или сообщества одного яруса – ценоячейка, синузия) и третья – собственно синэкологических понятий, относящихся к объектам разного масштаба (с одной стороны – ценотическая система с ценотическими отношениями, интегральная фитоценотическая система, фитоценоз, ценогенное поле, агрегация, с другой – фитохора, растительность, растительный покров). Формальная запись этих понятий позволяет увидеть ту или иную степень их “соподчинения”: ценотические отношения и эдификатор, интегральная фитоценотическая система и растительность, фитохора и растительный покров.

Не обсуждая правомочности того или иного определения основных понятий фитоценологии (автор согласен с основными критическими аргументами Б.М. Миркина [3, 35, 36]), рассмотрим только одно из них – “растительное сообщество”. В соответствии с определением Норина [41, с. 1306] “...растительное сообщество – это система ценомов, эдификаторные растения которых относятся к одному виду или к ценотически родственным видам и при этом образуют синузию (в данном плане сообщество должно рассматриваться и как система синузий)”. Это определение соответствует представлениям Норина [40, с. 1165] об “иерархической лестнице” систем различных уровней сложности и второму принципу (рекуррентного объяснения) для построения теории сложных систем в системологии [38, 44], который задает вывод свойств систем данного уровня, исходя из постулируемых свойств элементов – систем непосредственно нижестоящего уровня и связей между ними. И здесь возникает вопрос: что же для растительного сообщества является “непосредственно нижестоящим уровнем”.

С позиций дискретности растительного покрова Норин выстраивает жесткую (“кирпичную”) иерархию: особи растений – ценоячейки – синузии – растительное сообщество. В этой иерархии пропущены ценопопуляции (совокупности растений одного вида в гра-

**Таблица 1.** Некоторые фитоценотические и внутрифитоценотические функциональные элементы, рассмотренные Б.Н. Нориным

Объект, претендующий на роль "основного" в фитоценологии	Определение	Формальная запись определения
Ценотическая система (Первая аксиома Б.Н. Норина)	Материальная фитоценотическая система, группа совместно произрастающих растений, между которыми существуют ценотические отношения [40, с. 1168].	$\bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m S_{ij}$ $S_{ij}$ – особь $j$ вида $i$ , $\bigcap$ – ценотические отношения
Ценотические отношения (Вторая аксиома Б.Н. Норина)	Ценотическими системообразующими отношениями в материальных системах являются такие топические отношения, при которых одни растения трансформируют среду в такой степени, что это влияет на состав или обилие (массу, количество особей) других растений [40, с. 1168-1169].	$\bigcap = T(S \rightarrow E)$ $T$ – топические отношения, $S \rightarrow E$ – трансформация среды $E$ растением $S$ .
Фитогенное поле (А.А. Уранов)	Пространство, в пределах которого среда приобретает новые свойства, определяемые присутствием данной особи растения.	$F = R(S)$ $R$ – пространство вида $S$ .
Ценогенное поле (А.Е. Катенин)	Пространство фитоценотической системы, в котором создаются фитогенное поле популяции, фитоценоза, интегральное фитогенное поле (последнее по К.А. Куркину). Ценогенное поле охватывает пространство более широкое, чем площадь образующих его отдельных фитогенных полей.	$C = R^* \left( \bigcap_{i=1}^n F_i \right)$ $R^*$ – пространство фитоценотической системы, $F_i$ – фитогенное поле растения.
Растительное сообщество (фитоценоз)	Система ценомов, эдификаторные растения которых относятся к одному виду или к ценотически родственным видам и при этом образуют синузию (или систему синузий).	$PH = \bigcap_{i=1}^n CEN_i (ED \in SIN)$ $ED$ – вид-эдификатор, $\in$ – знак отношения.
Растительность (по А.П. Шенникову)	Часть растительного покрова, состоящая только из растительных сообществ.	$V = \bigcup_{i=1}^n PH_i$ $\bigcup$ – знак объединения.
Растительный покров (по А.П. Шенникову)	Включает растительные сообщества и агрегации.	$SP = \bigcup_{i=1}^n PH_i + \bigcup_{j=1}^m AG_j$

**Таблица 1.** Некоторые фитоценоотические и внутрифитоценоотические функциональные элементы, рассмотренные Б.Н. Нориным (окончание)

Объект, претендующий на роль "основного" в фитоценологии	Определение	Формальная запись определения
Ценоячейка (В.С. Ипатов)	Группа растений, принадлежащих к одному морфологическому ярусу, которые имеют индивидуальные топические непосредственные взаимодействия с центральным растением. "Ценоячейка – это элементарная материальная фитоценоотическая система" [40, с. 1301].	$CY = \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m T(S_{ij}^m \rightarrow S)$ <p>CY – ценоячейка, <math>S_{ij}^m</math> – особь j вида i яруса m, S – центральное растение.</p>
Синузия (Х. Гамс, Т. Липпмаа)	Одноярусная, материальная, ценоотическая система; элементами являются не отдельные растения, а ценоячейки, системообразующими отношениями служат синергические топические взаимодействия, достигающие порога ценоотических влияний.	$SIN = T(\bigcap_{i=1}^N CY_i) < R$ <p>R – порог ценоотических влияний.</p>
Ценом (В.С. Ипатов)	Материальная фитоценоотическая система из растения верхнего яруса со всеми находящимися в его фитогенном поле растениями нижних ярусов.	$CEN = F(S^{m+1} + S^m_{ij})$
Эдификатор (Ж. Браун-Бланке, Г.И. Поплавская, В.Н. Сукачев)	В ценоотической системе – наиболее конкурентно мощное растение данной группировки; растение, которое изменяет экологическую среду в наибольшей степени по сравнению с соседями, что отражается на их обилии и состоянии, и будет эдификатором.	$ED = T(S \rightarrow E)_{max}$
Интегральная (комплексная) фитоценоотическая система (В.Б. Сочава)	Нет единого эдификатора, но ее элементы (которыми могут быть разнотипные ценоячейки, синузии, ценомы, фитоценозы) находятся во внешних частях ценогенных полей друг друга.	$\bigcap_{i=1}^n (CY + SIN + CEN + PH)$
Агрегация (В.Н. Сукачев)	При зарастании растительностью незанятого участка вначале фитоценоза нет, так как между растениями нет борьбы за существование и нет между ними сколь-нибудь ясно выраженного взаимного влияния.	$AG = \bigcup_{i=1}^n S_i$ <p>U – объединение растений без конкурентных отношений.</p>
Фитохора (Б.Н. Норин)	В разной степени морфологически однородные территориальные выделы растительного покрова мезоразмера (фитоценоотическая система или агрегация, или однообразное чередование нескольких фитоценоотических систем).	$TSP = \{ \bigcap_{i=1}^n PH_i + \bigcap_{j=1}^m AG_j \}$ <p>TSP – территориальный выдел растительного покрова, {...} – обозначение морфологической однородности.</p>

ницах фитоценоза; на этот факт обращает внимание и Миркин [35, с. 9-10]) или они подразумеваются в понятии “особи растений”. Однако, во-первых, трудно представить себе столь жесткое иерархическое соподчинение и представление любого растительного сообщества как систему только синузид; об этом пишет и сам Норин [41, с. 1303]: “...не всегда ценочейки (как и синузиды) образуют более крупную ценотическую систему, так как в некоторых крайних условиях среды они бывают разобщенными и остаются ценотически изолированными друг от друга”. Во-вторых, превалирование в определении факторов взаимодействия видов противоречит современным экологическим представлениям [31]. Наконец, для рекуррентного объяснения следует постулировать свойства синузиды для вывода свойств фитоценоза. “Синузид”, по нашему определению [11], – это “субфитоценоз”, по определению Норина [41, с. 1302] – “целостный элемент в более крупных системах”; иными словами это часть фитоценоза и вряд ли ее свойства будут существенно отличаться от свойств растительного сообщества. Иными словами, принимая определение растительного сообщества Б.Н. Норина, неизбежно попадаем в неконструктивную ситуацию – постулировать свойства, а потом их же и выводить из этих постулатов...

### **Теория по В.С. Ипатову и Л.А. Кириковой**

Во второй половине 1997 г. вышел в свет учебник В.С. Ипатова и Л.А. Кириковой “Фитоценология” [45]. И хотя в названии работы и нет, собственно, слова “теоретическая”, эта работа несомненно претендует на теоретическое осмысление современной фитоценологии и ее можно рассматривать именно в таком контексте.

Не ставя задачу дать полный критический анализ этой работы (особенно ее дидактической составляющей) остановимся лишь на некоторых “теоретических моментах”. Прежде всего, это касается достаточно явной (особенно для учебника) дискуссии с В.И. Василевичем [46] о причинах и соотношении континуума и квантованности растительно-

го покрова [45, с. 225-232]. Так, по мнению Василевича, одной из основных причин континуума является относительная неспецифичность воздействия видов на среду; Ипатов и Кирикова, напротив, обосновывают специфический характер трансформации растительности среды обитания – этому посвящен специальный раздел монографии [45, с. 94-96]. В известном смысле, этот спор достаточно схоластичен: сложные экологические и фитоценологические системы обладают большим числом сложных параметров [44, 47] и, в принципе, в природе легко подобрать примеры, подтверждающие как одну, так и другую точку зрения. Еще раз вспомним по этому случаю статью В.Д. Александровой [48] “О единстве непрерывности и дискретности в растительном покрове”, более раннюю работу этих же авторов [49], да и окончательный вывод: “Континуум и квантованность – коренные свойства растительного покрова и выражены одновременно и всюду” [45, с. 232]. Эта точка зрения многократно обсуждалась ранее и здесь приведем лишь еще один пример-анalogию [47].

Пусть имеется два продукта – сыр и шоколад. Первый являет собой пример полного превалирования континуума над дискретностью и его “классификация” (нарезание) будет определяться сугубо прагматическим подходом (очень голоден – толстые куски, для фуршета – тонкие). Шоколад может интерпретироваться как “единение и некоторое превалирование дискретности над непрерывностью” и его “классификация” (разламывание), чаще всего, будет проходить по долькам, то есть будет более “естественной”. Возникает вопрос: для какой цели следует добиваться “более естественной классификации” и вести исследования до “...порой мучительного выделения квантов в натуре” [45, с. 232]? В принципе, можно свести растительное сообщество к квантам-особям (хотя для растений выделить особь бывает зачастую значительно сложнее, чем для животных – здесь тоже можно говорить о наличии континуума). Но что даст такое “квантирование” для понимания организации растительного сообщества?

Целая глава работы посвящена пробле-

мам организации растительного покрова, а в разделе “Ценоэлементы в растительном покрове” [45, с. 163-186] авторы, опираясь на почти 30 терминов, приведенных в монографии А.А. Корчагина [50], предлагают следующую классификацию разных функциональных элементов:

- ♦ инфраценоэлементы (совокупности растений, которые не охватывают весь растительный покров по вертикали) – ценоячейки, синузиды и гиперсинузиды;

- ♦ ультраценоэлементы (совокупности растений, включающие в себя все особи по вертикали растительного покрова) – кономы, ценомы и синомы.

Для наглядности, представим все определения в некотором “формальном виде” (аналогичном табл. 1), что позволяет более четко увидеть как сходство, так и их различия (табл. 2).

### Теории *a la modern*

В этом разделе рассмотрим несколько теоретических работ, появившихся с конца 80-х годов и еще не успевших “оформиться” в соответствующие монографии теоретического плана.

К. Куль [51, с. 13] следующим образом сформулировал центральную задачу фитоценологии (ЦЗФ): “Пусть на площадке  $S$  в момент  $t$  живет  $n$  известных видов растений в количествах  $a_1, \dots, a_n$ , при этом их возрастные состояния ( $r$ ) образуют спектры  $P_1(r), \dots, P_n(r)$ . Определить (прогнозировать) количества растений разных видов на этой площадке в момент  $t+T$ , при известном микроклимате, почве и инвазии диаспор”. Исходя из этого, теория фитоценологии понимается Кулем как совокупность алгоритмов (формул, правил, моделей), которые способствуют решению данной центральной задачи фитоценологии в том или ином частном случае. В этом варианте ЦЗФ является собой пример физического подхода к построению теории, сложности и недостатки которого уже обсуждались [2]. Столь обобщенная запись ЦЗФ, по справедливому замечанию Б.М. Миркина [52, с. 72], представляется “... мало реальной в силу ее чрезмерной сложности, а

потому и опасной: огромные затраты средств могут попросту не окупиться результатами”.

Здесь следует сделать еще одно замечание общесистемного характера. В системологии хорошо известен принцип множественности моделей сложных систем [27, 38, 44, 47], в силу которого, одна и та же экосистема может быть примерно с одинаковой адекватностью (качественной или количественной [53]) описана несколькими различными моделями. Кроме того, в силу уникальности каждой из экосистем нельзя рассчитывать на то, что все многообразие этих уникальных объектов будет описано с помощью единственной (пусть и очень обобщенной) модели.

В этом же сборнике “Перспективы теории фитоценологии” опубликована еще одна интересная в теоретическом плане статья [54], в которой развиваются представления о нулевой гипотезе ( $H_0$ ) для фитоценозов, подразумеваемая под ней то состояние растительных сообществ, при котором наблюдается “...отсутствие интеракции между видами и отсутствие гетерогенности среды” [54, с. 27]. Иными словами, задается некоторый “идеальный” фитоценоз, с которым путем вычисления “разницы между степенью варьирования конкретного сообщества и степенью варьирования смоделированного сообщества по условиям  $H_0$ ” [54, с. 28] определяется уровень “фитоценотичности” различных сообществ. Аналогичный теоретико-методический подход использовал автор настоящей работы [26] при оценке качества той или иной количественной классификации одного объекта (точнее степени структурированности матриц сходства сообществ, получаемых разными методами автоматической классификации; при этом в качестве  $H_0$  фигурировала матрица со случайным образом “перетасованными” строками и столбцами, а в качестве “разницы” задавалась некоторая мера диссонанса). Таким образом, методически данный подход уже апробирован при решении некоторых фитоценологических задач, а вот необходимость построения нулевой гипотезы  $H_0$  представляется очень важным шагом в направлении синтеза теоретической фитоценологии.

Вероятно, напрямую к этой работе при-



**Таблица 2.** Некоторые фитоценоотические и внутрифитоценоотические функциональные элементы, рассмотренные В.С. Ипатовым и Л.А. Кириковой

Объект, претендующий на роль "основного" в фитоценологии	Определение	Формальная запись определения
Ценоячейка (В.С. Ипатов)	Элементарное ценоотическое образование, в которое входят растения, объединенные индивидуальными топическими трофическими конкурентными отношениями между собой и с центральным растением.	$CY = \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m T(S_{ij}^M \rightarrow S)$ <p>CY – ценоячейка,  <math>S_{ij}^M</math> – особь j вида i яруса m, S – центральное растение.</p>
Синузия (Х. Гамс, Т. Липпмаа, Б.Н. Норин)	Совокупность перекрывающихся ценоячеек; синузия – это (1) растения одной или нескольких близких жизненных форм, (2) растения сближены, сомкнуты в подземных или надземных частях (достигают порога ценоотических влияний), (3) растения обладают экологическим сходством, (4) образуют единую экологическую нишу, (5) пространственная выраженность, (6) взаимодействия между растениями, (7) создают собственную экосреду и (8) обладают относительной автономностью.	$SIN = T(\bigcap_{i=1}^n CY_i) < R$ <p>R – порог ценоотических влияний.</p>
Гиперсинузия (Х. Гамс)	Синузия, образованная растениями разных жизненных форм.	$G-SIN = \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m S_{ij} < R$ <p><math>S_{ij}</math> – особь j вида i, <math>\bigcap</math> – ценоотические отношения</p>
Коном	Гиперсинузия, охватывающая всю толщу растительного покрова, эдификаторным элементом которой является <i>конфасция</i> (растения в совокупности с симбионтами).	$CON = \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m K_{ij} < R$ <p><math>K_{ij}</math> – конфасция особи j вида i, <math>\bigcap</math> – ценоотические отношения</p>
Ценом	То же самое, но эдификаторный элемент – ценоячейка.	$CEN = \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m CY_{ij} < R$
Сином	То же самое, но эдификаторный элемент – синузия.	$SIM = \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^m SIN_{ij} < R$

мыкает очень интересное исследование А.А. Савельева [55], в котором оригинально формулируется нулевая гипотеза для вероятностного описания и статистической проверки концепции непрерывности растительного покрова. Предполагается, что "... модель вероятностного описания флористического состава растительного покрова при выполнении гипотезы индивидуальности ( $H_0$ ; Г.Р.) для получения списка вероятностей присутствия каждого вида на площадке не требует данных о факторах среды, а использует только сами флористические списки" [55, с. 91].

Пусть  $g \in G$  – некоторое значение комплексного фактора среды, а  $P(A|g)$  или  $P_g(A)$  – вероятность наличия вида  $A$  в условиях  $g$ . Гипотеза индивидуальности видов Раменского – Глизона задается следующими предположениями:

- ♦ виды в среде распределены независимо друг от друга (рассматриваются только парные зависимости между видами):  $P(A|g) = P_g(A) = P_g(A|B)$ ;

- ♦ вероятность встретить тот или иной вид на данной площадке зависит только от условий среды  $g$ .

Тогда вероятность встретить совместно виды  $A$  и  $B$  в условиях среды  $g$  при выполнении гипотезы индивидуальности будет

$$P(AB|g) = P(A|g)P(B|g).$$

Несложные преобразования с помощью формулы Байеса из теории вероятностей позволяют записать условную вероятность встретить вид  $A$  при наличии вида  $B$  для всей территории в следующем виде:

$$P(A|B) = P(A|g_i)P(g_i|B).$$

Если обозначить список видов, присутствующих на некоторой площадке с условиями среды  $g$  через  $S_g$ , то вероятность встретить вид  $A$  на площадке можно оценить как

$$P(A|g) \approx \max_{B \in S_g} P(A|B),$$

Все эти вероятностные рассуждения позволяют построить статистическое правило для проверки нулевой гипотезы: распределение фактических вероятностей с помощью некото-

рого критерия (например,  $ss^2$  или коэффициента корреляции) сравнивается с теоретически рассчитываемым распределением модельных вероятностей  $P(A|g)$ . А.А. Савельев [55, с. 97] приводит убедительный пример такого рода сравнения для более чем 3000 геоботанических описаний территории Республики Татарстан, объединенных базой данных ФЛОРА. Для данного объекта гипотеза об индивидуальности распределения видов не отвергается (коэффициент корреляции между распределениями фактических и модельных вероятностей, используемый в качестве критерия проверки нулевой гипотезы, изменялся от 0,69 до 0,95).

### Заключение

Таким образом, теоретическая фитоценология в рассмотренных выше работах в большей степени затрагивает "основание" теории (думается, что оно "отработано" уже достаточно полно), на вербальном уровне определяя фундаментальные понятия и основные теоретические концепции. Как уже отмечалось, по многим "понятийным" вопросам точки зрения авторов прямо противоположны друг другу и поэтому каждый фитоценолог (особенно при попытках построения теоретической фитоценологии) должен определить свою позицию по отношению к дискутирующим сторонам. Очевидно, что степень удачности выбора основных понятий (например, [59]), их идеализация [60] и формализация [61-63] будут во многом определять и саму возможность построения теории фитоценологии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг Г.С. О теоретических конструкциях современной экологии // Экология и человечество на пороге XXI века. Проблемы охраны окружающей среды и здоровья человека: Материалы II Международной открытой сессии "Modus Academicus". – Ульяновск: УлГУ, 1999.
2. Розенберг Г.С. Конспект построения теоретической экологии // Известия Самарского научного центра РАН. 2003. Т. 5. № 2.

3. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем, 1998.
4. *Juhasz-Nagy P.* Some theoretical problems of synbotany. 1. Primary considerations on a conceptual network // *Acta Univ. Debrecen, ser. Biol.* 1966. V. 4.
5. *Juhasz-Nagy P.* Some theoretical problems of synbotany. 2. Preliminaries on an axiomatic model building // *Acta Univ. Debrecen, ser. Biol.* 1966. V. 4.
6. *Juhasz-Nagy P.* Some theoretical problems of synbotany. 3. The importance of methodology // *Acta Univ. Debrecen, ser. Biol.* 1968. V. 6.
7. *Семкин Б.И.* Об аксиоматическом подходе к определению мер различия и квазиразличия на семействах множеств // Информационные методы в системе управления, измерения и контроля Т. 1. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1972.
8. *Кулагин Ю.З.* Экологические аналоги и прогнозирование // *Журн. общ. биол.* 1982. Т. 43. № 1.
9. *Грейг-Смит П.* Количественная экология растений. – М.: Мир, 1967.
10. *Горский Д.П.* Операциональные определения и операционализм П. Бриджмена // *Вопр. философии.* 1971. № 6.
11. *Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989.
12. *Одум Ю.* Экология: в 2-х т. М.: Мир, 1986.
13. *Leeuwen C.G. van.* A relation theoretical approach to pattern and process in vegetation // *Wentia.* 1966. V. 15. № 1.
14. *Maarel E. van der, Westhoff V.* The vegetation of the dunes near Oostvoorne (The Netherlands) with a vegetation map // *Wentia.* 1963. V. 12. № 1.
15. *Уиттекер Р.* Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980.
16. *Миркин Б.М.* Теоретические основы современной фитоценологии. М.: Наука, 1985.
17. *Василевич В.И.* Очерки теоретической фитоценологии. Л.: Наука, 1983.
18. *Уемов А.И.* Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978.
19. *Урманцев Ю.А.* Симметрия природы и природа симметрии. М.: Мысль, 1974.
20. *Горчаковский П.Л., Рябинина З.Н.* Степи южной части Оренбургской области (Урало-Илекское междуречье) // *Растительные сообщества Урала и их антропогенная деградация.* Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984.
21. *Миркин Б.М., Розенберг Г.С.* Фитоценология. Принципы и методы. М.: Наука, 1978.
22. *Работнов Т.А.* Фитоценология / 2-е изд. М.: МГУ, 1983.
23. *Миркин Б.М., Горская Т.Г., Никулина Г.А., Розенберг Г.С.* О некоторых закономерностях дифференциации ценопопуляций культурных трав в ходе сукцессии травосмеси // *Ботан. журн.* 1986. Т. 71. № 5.
24. *Растрюгин Л.А., Марков В.А.* Кибернетические модели познания: Вопросы методологии. Рига: Зинатне, 1976.
25. *Лефевр В.А.* Конфликтующие структуры. М.: Сов. радио, 1973.
26. *Розенберг Г.С.* О сравнении различных методов автоматической классификации // *Автоматика и телемеханика.* 1975. № 9.
27. *Розенберг Г.С.* Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984.
28. *Борн М.* Физика в жизни моего поколения. М.: Наука, 1963.
29. *Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977.
30. *Розенберг Г.С.* Эвристики современной фитоценологии // *Проблемы теоретической и экспериментальной фитоценологии.* Уфа: БФАН СССР, 1987.
31. *Розенберг Г.С., Смелянский И.Э.* Экологический маятник (Смена парадигм в современной экологии) // *Журн. общ. биол.* 1997. Т. 58, № 4.
32. *Mirkin B.M.* Which plant communities do exist? // *J. Veget. Sci.* 1994. V. 5.
33. *Гиляров А.М.* Соотношение органицизма и редуционизма как основных методологических подходов в экологии // *Журн. общ. биол.* 1988. Т. 49. № 2.
34. *Тимонин А.К.* О статье А.М. Гилярова “Соотношение органицизма и редуцио-

- низма как основных методологических подходов в экологии” // Журн.общ. биол. 1989. Т. 50. № 2.
35. *Миркин Б.М.* Еще раз об организмизме в фитоценологии // Ботан. журн. 1989. Т. 74. № 1.
36. *Миркин Б.М.* Надумана ли дилемма “хोलизм-редукционизм”? // Журн.общ. биол. 1989. Т. 50. № 5.
37. *Норин Б.Н.* Растительный покров: цено-тическая организация и объекты классификации // Ботан. журн. 1983. Т. 68, № 11.
38. *Флейшман Б.С.* Системология, системотехника и инженерная экология // Кибернетика и ноосфера. М.: Наука, 1986.
39. *Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.* Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.
40. *Норин Б.Н.* Некоторые вопросы теории фитоценологии. Цено-тическая система, цено-тические отношения, фитогенное поле // Ботан. журн. 1987. Т. 72. № 9.
41. *Норин Б.Н.* Цено-тичка, синузия, ценом, растительное сообщество – проблемные вопросы теории фитоценологии // Ботан. журн. 1987. Т. 72. № 10.
42. *Норин Б.Н.* Эдификатор, интегральная (комплексная) фитоцено-тическая система, агрегация, фитохора, растительность и растительный покров – дискуссионные вопросы теории фитоценологии // Ботан. журн. 1987. Т. 72. № 11.
43. *Розенберг Г.С.* О системной экологии // Журн. общ. биол. 1988. Т. 49. № 5.
44. *Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б.* Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара: СамНЦ РАН, 1999.
45. *Ипатов В.С., Кирикова Л.А.* Фитоценология: Учебник. СПб.: Изд-во С.-Петербур-бург. ун-та, 1997.
46. *Василевич В.И.* Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969.
47. *Розенберг Г.С., Рянский Ф.Н., Шустов М.В.* Краткий курс современной экологии. Ульяновск: УлГТУ, 2002.
48. *Александрова В.Д.* О единстве непрерывности и дискретности в растительном покрове // Философские проблемы современной биологии. М.; Л.: Наука, 1966.
49. *Ипатов В.С., Кирикова Л.А.* К вопросу о континууме и дискретности растительного покрова // Ботан. журн. 1985. Т. 70. № 7.
50. *Корчагин А.А.* Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника Т. 5. Л.: Наука, 1976.
51. *Куль К.* На пути к конструктивной теории фитоценологии // Перспективы теории фитоценологии: Тез. симпоз. Лазлуту – Пухту, 16-20 мая 1988. Тарту: Изд-во АН ЭССР, 1988.
52. *Миркин Б.М.* Заметки о “Перспективах теории фитоценологии” // Биол. науки. 1989. № 11.
53. *Розенберг Г.С.* Адекватность математического моделирования экологических систем // Экология. 1989. № 6.
54. *Цобель М.Р., Цобель К.Р.* Изучение временно-пространственной структуры фитоценозов – некоторые соображения // Перспективы теории фитоценологии: Тез. симпоз. Лазлуту – Пухту, 16-20 мая 1988. Тарту: Изд-во АН ЭССР, 1988.
55. *Савельев А.А.* Моделирование пространственной структуры растительного покрова (геоинформационный аспект). Казань: Каз. ун-т, 2004.
56. *Тэнсли А.* Использование и злоупотребление растительными концепциями и терминами // Антология экологии. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004.
57. *Чернова Н.М., Былова А.М.* Экология. М.: Просвещение, 1988.
58. *Гиляров М.С., Винберг Г.Г., Чернов Ю.И.* Экология – задачи и перспективы // Природа. 1977. № 5.
59. *Розенберг Г.С.* Анализ определений понятия “экология” // Экология. 1999. № 2.
60. *Розенберг Г.С.* Идеализированный объект и фундаментальные понятия современной экологии (с примерами из экологии растительности) // Поволж. экол. журн. 2002. № 3.
61. *Розенберг Г.С.* Модели потенциальной эффективности сложных систем как инструмент анализа экологических феноменов // Проблемы управления и моделиро-

- вания в сложных системах. Труды международной конференции. Самара: СамНЦ РАН, 1999.
62. *Розенберг Г.С.* К вопросу о формализации роли абиотических и биотических факторов в организации экосистем (на примере растительных сообществ) // Теоретические проблемы экологии и эволюции (Третьи Люблинские чтения). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2000.
63. *Розенберг Г.С.* Методы аналитического моделирования колебательных процессов в экосистемах // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга. Часть IV. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 2000.

## SOME TENDENCIES OF PHYTOCOENOLOGY THEORY CONSTRUCTION

© 2006 G.S. Rozenberg

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Science, Togliatti

The present article is the reviewing system of theoretical phytocoenological editions, which had been published over 40-year time period. The conclusion concerning practical completion of the 2<sup>nd</sup> conceptually theoretical period of phytocoenological development is being made.